Über die auffallende Widerstandskraft der Schließzellen gegen schädliche Einflüsse

von

Victor Kindermann.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag, Nr. XLVI, der 2. Folge.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 3. Juli 1902.)

I. Einleitung.

Bereits durch die Arbeiten von Leitgeb[1] und Molisch[2] wurde auf die große Widerstandskraft der Schließzellen aufmerksam gemacht.

Zunächst beobachtete Leitgeb eine größere Widerstandsfähigkeit der Schließzellen gegenüber höheren Wärmegraden. Ein Epidermisstreifen von einer verwelkenden Blüte von *Galtonia candicans* zeigte noch zahlreiche Schließzellen lebend, nachdem derselbe durch eine Minute in Wasser von 53° gehalten worden war. In Luft wurden noch höhere Temperaturen ertragen. So konnte derselbe Verfasser noch weit geöffnete Spaltöffnungen beobachten, nachdem eine *Galtonia*-Blüte durch zehn Minuten einer Temperatur von 59° ausgesetzt war.

Leitgeb entdeckte weiters, dass sich die Schließzellen gegen Fäulnis sehr widerstandskräftig erweisen. Er fand dieselben an abgezogenen in Wasser gelegenen Epidermisstreifen von *Galtonia* noch nach acht Tagen lebend. An abgeschnittenen und feucht gehaltenen Blüten konnte er beobachten, dass noch einzelne Schließzellen turgescent und lebend waren, obwohl das übrige Gewebe bereits ganz verfault und von Pilzfäden durchwuchert war.

---

[1] H. Leitgeb, Beiträge zur Physiologie der Spaltöffnungsapparate. Mittheilungen aus dem botanischen Institute zu Graz, Jena 1888, Bd. I, S. 131.

[2] H. Molisch, Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen, Jena 1897, S. 30.

Ferner wurde von Molisch gezeigt, dass die Schließzellen im Gegensatze zu anderen Blattzellen gegen niedere Temperaturen resistenter sind. Die Untersuchungen des genannten Botanikers haben bewiesen, dass dieselben Temperaturen von 6 bis 7° unter Null auszuhalten vermögen, ohne dadurch ihre Lebensfähigkeit einzubüßen. Bei *Nicotiana Tabacum* ertragen sie sogar Temperaturen bis zu —12°.

Es lag also der Gedanke nahe, dass die Schließzellen gegen andere schädliche Einflüsse ebenfalls widerstandskräftiger sind als die übrigen Blattzellen. Diesen Gedanken zu prüfen, war Zweck der vorliegenden Arbeit.

Die Resultate meiner Untersuchungen habe ich der besseren Übersicht wegen in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Die Versuchsanordnung ist bei den einzelnen Experimenten angegeben. Zur weiteren Beobachtung des Materiales verwendete ich Flächenschnitte, welche ziemlich dick sein müssen, um einerseits eine Verletzung der Epidermiszellen und dadurch ein Tödten derselben zu vermeiden, anderseits um gleichzeitig die Mesophyllzellen mit untersuchen zu können.

Da bei vielen Blättern die Epidermis der Benetzung durch Flüssigkeiten hartnäckig widersteht, so wurden die Blätter bei einigen Versuchen vorher, um die Luft zu vertreiben und die Einwirkung der Flüssigkeit zu beschleunigen, unter dem Recipienten der Luftpumpe ausgepumpt. Es könnte dagegen der Einwand erhoben werden, dass die Blätter nach dieser Behandlung nicht mehr normal seien. Ich habe mich aber durch Vergleiche überzeugt, dass die so behandelten Blätter sich von den nicht ausgepumpten gar nicht unterscheiden, nur trat die Wirkung der beim Versuche verwendeten Flüssigkeit rascher ein.

Das Leben der Schließzellen wurde durch den Eintritt der Plasmolyse mittels einer 10procentigen Chlornatriumlösung nachgewiesen, da nur in lebenden Schließzellen nicht aber in todten eine solche hervorgerufen werden konnte. Übrigens vermochte man schon, namentlich nach der Einwirkung von Säuren und Alkalien, aus der ganzen Beschaffenheit des Plasma, der Farbe und dem Aussehen des Chlorophylls und aus der Vertheilung des etwa vorhandenen Anthokyans innerhalb der Zelle auf das Leben oder den Tod zu schließen.

II. Versuche über verschiedene schädliche Einflüsse auf Schließzellen.

1. Versuche mit Säuren.

Versuchsanordnung: Ich gab Blätter oder Blattstücke der verschiedenen Pflanzen in die Säure, worin sie bei gewöhnlicher Zimmertemperatur und Beleuchtung die bei jedem Versuche angegebene Zeit verblieben. Nach Ablauf derselben wurden die Blätter nach der eingangs beschriebenen Methode der weiteren Beobachtung unterzogen.

Procent	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
		A. **Salzsäure.**		
0·05	*Tradescantia viridis* Hort.	24 Stunden.	Blätter theilweise verfärbt. An den verfärbten Stellen lebt ein großer Theil der Schließzellen, während alles andere todt ist.	Um die Benetzung zu beschleunigen, wurden die Blätter vor dem Versuche unter dem Recipienten der Luftpumpe von ihrem Luftüberzuge befreit.
0·05	*Tradescantia zebrina* Hort.	24 Stunden.	Blätter verfärbt und schlaff. Ein kleiner Theil der Schließzellen lebt noch und ist turgescent. Alles andere todt.	Blätter wurden vor dem Versuche in ebenderselben Weise behandelt wie bei dem vorhergehenden Versuche.

Procent	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
0·03	*Tulipa* spec.	24 Stunden.	Blätter vollkommen schlaff und verfärbt. Über die Hälfte der Schließzellen lebend, alles andere todt. Auch die Untersuchung nach 48 Stunden ergab, dass noch ein großer Theil der Schließzellen lebt.	Der Wachsüberzug wurde von den Blättern durch vorsichtiges Abwischen mit einem Lappen möglichst entfernt.
0·04	*Hyacinthus orientalis* L.	24 Stunden.	Blätter stellenweise verfärbt. Daselbst nahezu alle Schließzellen lebend und turgescent. Alles andere todt. Nach fünf Tagen sind die Blätter vollständig verfärbt, der größte Theil der Schließzellen lebt noch.	
0·5	*Hyacinthus orientalis* L.	8 Stunden.	Blätter missfarbig und schlaff. Schließzellen alle mit Ausnahme vereinzelter lebend, sonst alles todt.	
0·04	*Aneimia Phylliditis* Sw.	48 Stunden.	Blätter vollkommen schlaff und verfärbt. Schließzellen ohne Ausnahme lebend und turgescent, alles übrige todt.	

Procent	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
0·04	*Hermione cupularis* Salisb.	24 Stunden.	Blätter stellenweise verfärbt. Daselbst Schließzellen lebend. Alles übrige todt.	
0·04	*Cyclanthera obliqua* Hort.	24 Stunden.	Blätter verfärbt, Schließzellen lebend und turgescent, sonst alles todt.	
0·04	*Vallota purpurea* Herb.	5 Tage.	Blätter vollkommen verfärbt und schlaff, Schließzellen mit Ausnahme weniger lebend. Alles übrige todt.	
0·04	*Taraxacum officinale* Web.	17 Stunden.	Blätter ganz verfärbt. Ein großer Theil der Schließzellen lebt, während das andere Gewebe bereits todt ist.	
		B. **Schwefelsäure.**		
0·05	*Tradescantia (Rhoeo) discolor* L'Herit.	24 Stunden.	Blätter verfärbt und schlaff, anscheinend todt. Ein kleiner Theil der Schließzellen lebend und sehr stark turgescent. Alles übrige todt.	Die Blätter wurden, um die Benetzung zu beschleunigen, durch Auspumpen von ihrem Luftüberzuge befreit.
0·01	*Hyacinthus orientalis* L.	48 Stunden.	Blätter vollkommen verfärbt, nahezu alle Schließzellen lebend. Das übrige Gewebe ist todt.	Blätter wurden vorher ebenso behandelt wie im vorangegangenen Versuche.

Procent	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
0·01	*Tradescantia zebrina* Hort.	24 Stunden.	Blätter stellenweise verfärbt. Daselbst Schließzellen lebend und stark turgescent, alles übrige todt.	Die Blätter wurden vor dem Versuche ebenfalls ausgepumpt.
0·1	*Agapanthus umbellatus* L'Herit.	24 Stunden.	Blätter stellenweise verfärbt. Daselbst Schließzellen nahezu alle lebend und turgescent. Das übrige Gewebe ist bereits todt.	
0·1	*Mesembryanthemum acutangulum* Haw.	24 Stunden.	Blätter verfärbt. Schließzellen mit Ausnahme weniger lebend und turgescent, alles übrige todt.	
		C. **Salpetersäure.**		
0·05	*Tulipa* sp.	24 Stunden.	Blätter vollkommen verfärbt. Der größte Theil der Schließzellen lebt noch. Das andere Gewebe ist todt.	Vor dem Versuche wurde der Wachsüberzug durch Abwischen mit einem Lappen vorsichtig entfernt.
0·03	*Tulipa* sp.	24 Stunden.	Blätter verfärbt. Schließzellen ohne Ausnahme lebend und sehr stark turgescent. Das übrige Gewebe ist bereits todt.	Wachsüberzug wurde vor dem Versuche von den Blättern entfernt.

Procent	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
0·03	*Hyacinthus orientalis* L.	24 Stunden.	Blätter zum größten Theile verfärbt. Daselbst nahezu alle Schließzellen lebend, alles übrige todt.	
0·01	*Tradescantia zebrina* Hort.	24 Stunden.	Blätter am Rande verfärbt. Daselbst alle Schließzellen lebend. Aber auch noch einige Epidermiszellen leben und zeigen Plasmolyse. Sie sind aber bereits erkrankt, wie man aus ihrem verfärbten Zellinhalte schließen kann.	Blätter wurden vor dem Versuche, um die Benetzung zu beschleunigen, durch Auspumpen von ihrem Luftüberzuge befreit.
0·03	*Taraxacum officinale* Web.	24 Stunden.	Blätter verfärbt. Schließzellen mit Ausnahme weniger lebend, alles übrige todt.	
D. Essigsäure.				
0·05	*Tradescantia zebrina* Hort.	24 Stunden.	Blätter stellenweise verfärbt. Daselbst wenige Schließzellen lebend alles übrige todt.	Um die Benetzung zu beschleunigen, wurden die Blätter vor dem Versuche ausgepumpt.
0·01	*Tradescantia viridis* Hort.	24 Stunden.	Blätter theilweise verfärbt. Daselbst nahezu alle Schließzellen lebend, sonst alles todt.	Die Blätter wurden vor dem Versuche ausgepumpt.

Procent	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
0·04	*Tulipa* sp.	22 Stunden.	Blätter stellenweise verfärbt. An diesen Stellen lebt der größte Theil der Schließzellen, während alles andere todt ist.	Blätter wurden vor dem Versuche durch vorsichtiges Abwischen mit einem Lappen von ihrem Wachsüberzuge befreit.
0·04	*Hermione cupularis* Salisb.	2 Tage.	Blätter vollkommen schlaff und verfärbt. Nahezu alle Schließzellen lebend, alles übrige todt.	
0·04	*Nerine curvifolia* Herb.	24 Stunden.	Blätter an einzelnen Stellen missfarbig. Daselbst nahezu alle Schließzellen lebend, während das andere Gewebe bereits todt ist.	
0·5	*Pteris serrulata* L. fil.	6 Stunden.	Blätter theilweise verfärbt. Daselbst ein kleiner Theil der Schließzellen lebend, alles übrige todt.	
		E. **Oxalsäure.**		
1	*Tradescantia zebrina* Hort.	24 Stunden.	Blätter verfärbt und schlaff. Der kleinere Theil der Schließzellen lebt. Alles übrige Gewebe todt.	
1	*Vallota purpurea* Herb.	24 Stunden.	Blätter theilweise verfärbt. Daselbst Schließzellen nahezu alle lebend, sonst alles todt.	

Procent	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
0·1	*Mesembryanthemum acutangulum* Haw.	24 Stunden.	Blätter theilweise verfärbt. Daselbst Schließzellen alle lebend. Das übrige Gewebe todt.	
1	*Aspidium Filix* mas. Sw.	3 Tage.	Blätter theilweise verfärbt. Daselbst Schließzellen zum größtenTheile lebend, alles andere todt.	

2. Versuche mit Alkalien.

Versuchsanordnung: Verwendet wurde Ammoniak und zwar als Gas und als Lösung. Bei den Experimenten mit Ammoniaklösung verfuhr ich in derselben Weise, wie bei den früher beschriebenen Versuchen mit Säuren. Bei Anwendung von Ammoniakgas wurde in folgender Weise vorgegangen: In eine kleine Eprouvette kam concentriertes Ammoniak. Diese wurde nun sammt den Pflanzen in einen mit eingeriebenem Glasstöpsel verschließbaren Glascylinder gebracht in der Art, dass die Pflanzen nicht mit der Flüssigkeit selbst in Berührung kommen konnten. Hier verblieben dieselben die bei den einzelnen Versuchen angegebene Zeit, wurden hierauf in die feuchte Kammer gebracht und am nächsten Tage der näheren Beobachtung unterzogen.

Procent	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
		A. **Ammoniaklösung.**		
0·1	*Tradescantia zebrina* Hort.	24 Stunden.	Blätter verfärbt. Schließzellen nahezu alle lebend, alles übrige todt.	Blätter wurden vor dem Versuche, um die Benetzung zu beschleunigen, in Wasser ausgepumpt.

Procent	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
0·1	*Tulipa* sp.	24 Stunden.	Blätter schlaff. Schließzellen mit wenigen Ausnahmen lebend, sonst alles todt.	Wachsüberzug wurde vor dem Versuche durch vorsichtiges Abwischen von den Blättern entfernt.
0·1	*Hyacinthus orientalis* L.	48 Stunden.	Blätter verfärbt und schlaff. Schließzellen nahezu alle lebend. Das übrige Gewebe todt.	Eine Untersuchung nach fünf Tagen ergab, dass noch immer einige Spaltöffnungen leben.
0·1	*Cyclamen persicum* Mill.	48 Stunden.	Blätter verfärbt. Schließzellen alle lebend. Das übrige Gewebe ist todt. Einige von den Epidermiszellen zeigen auch noch Plasmolyse. Sie sind aber bereits erkrankt, was man an dem verfärbten Anthokyan erkennen konnte.	
		B. Ammoniakgas.		
	Tradescantia zebrina Hort.	15 Secunden im Gas, 24 Stunden in der feuchten Kammer.	Blätter vollkommen schlaff und verfärbt. Schließzellen alle lebend, sonst alles todt.	

Procent	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
	Hyacinthus orientalis L.	15 Minuten im Gas, 5 Tage in der feuchten Kammer.	Blätter anscheinend ganz todt, vollkommen missfarbig und weich. Schließzellen zum größten Theile lebend.	*Hyacinthus* zeigte eine auffallende Widerstandsfähigkeit gegen Ammoniak. Es ist dies wahrscheinlich auf den dichten Wachsüberzug zurückzuführen, der ein rasches Eindringen des Gases verhindert.
	Pelargonium peltatum Hort.	15 Secunden im Gas, 24 Stunden in der feuchten Kammer.	Blätter zum größten Theile verfärbt. Schließzellen leben alle. Auch viele von den Haaren leben noch. Vereinzelte Epidermiszellen zeigen ebenfalls noch Plasmolyse.	

3. Versuche mit schädlichen Dämpfen.

Versuchsanordnung war dieselbe wie bei Anwendung von Ammoniakgas, nur wurden die Pflanzen nach Ablauf der bei den einzelnen Versuchen angeführten Zeit an die Luft gebracht und sofort der näheren Beobachtung unterzogen.

Reagenz	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
Absoluter Alkohol	*Tradescantia viridis* Hort.	6 Stunden.	Blätter zum größten Theile verfärbt. Daselbst Schließzellen nahezu alle lebend. Sonst alles todt.	Für eine etwaige Wiederholung der Versuche möchte ich bemerken, dass die bei den einzelnen Experimenten angegebene Zeit nur für die speciellen Fälle gilt. Bei Anwendung eines anderen Materiales wird dieselbe vielleicht länger oder kürzer sein müssen. Ein und dieselbe Species zeigt nämlich ein sehr verschiedenes Verhalten, je nachdem ein älterer oder jüngerer Theil der Pflanze verwendet wird, oder ob dieselbe im Freiland oder im Gewächshaus cultiviert wurde.
Absoluter Alkohol	*Tradescantia zebrina* Hort.	14 Stunden.	Blätter vollkommen verfärbt. Von den Schließzellen ein kleiner Theil lebend. Alles übrige todt.	
Absoluter Alkohol	*Hyacinthus orientalis* L.	8 Stunden.	Blätter schlaff. Schließzellen nahezu alle lebend. Das andere Gewebe todt.	
Absoluter Alkohol	*Mesembryanthemum acutangulum* Haw.	10 Stunden.	Blätter vollkommen schlaff. Schließzellen ohne Ausnahme lebend. Alles übrige todt. Auch einige Epidermiszellen leben noch, zeigen aber bereits ein krankhaftes Aussehen.	
Absoluter Alkohol	*Pelargonium peltatum* Hort.	6 Stunden.	Blätter theilweise verfärbt. Daselbst Schließzellen zum größten Theile lebend, sonst alles todt.	

Reagenz	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
Chloroform	*Tradescantia zebrina* Hort.	10 Minuten.	Blätter vollkommen schlaff und missfarbig. Schließzellen zum größten Theile lebend. Alles übrige todt.	Für eine etwaige Wiederholung der Versuche möchte ich bemerken, dass die bei den einzelnen Experimenten angegebene Zeit nur für die speciellen Fälle gilt. Bei Anwendung eines anderen Materiales wird dieselbe vielleicht länger oder kürzer sein müssen. Ein und dieselbe Species zeigt nämlich ein sehr verschiedenes Verhalten, je nachdem ein älterer oder jüngerer Theil der Pflanze verwendet wird, oder ob dieselbe im Freiland oder im Gewächshaus cultiviert wurde.
Chloroform	*Pelargonium peltatum* Hort.	15 Minuten.	Blätter theilweise verfärbt. Daselbst von den Schließzellen der kleinere Theil lebend. Alles übrige todt.	
Chloroform	*Mesembryanthemum acutangulum* Haw.	15 Minuten.	Blätter schlaff. Vereinzelte Schließzellen leben noch, alles andere ist todt.	
Äther	*Tradescantia viridis* Hort.	30 Minuten.	Blätter theilweise verfärbt. Daselbst nahezu alle Schließzellen lebend. Auch einige von den Nebenzellen leben noch. Das übrige Gewebe ist todt.	
Äther	*Tradescantia viridis* Hort.	10 Minuten.	Blätter verfärbt und zeigen Flüssigkeitsausscheidung. Schließzellen zum größten Theile lebend. Alles übrige todt.	

Reagenz	Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
Äther	*Hyacinthus orientalis* L.	20 Minuten.	Blätter schlaff. Schließzellen nahezu alle lebend, sonst alles todt.	Siehe Anmerkung S. 501 und 502.
Äther	*Episcia bicolor* Hook.	5 Minuten.	Blätter verfärbt. Ein kleiner Theil der Schließzellen lebend. Alles andere todt.	
Äther	*Agapanthus umbellatus* L'Herit.	5 Minuten.	Blätter schlaff. Schließzellen zum größten Theile lebend. Das übrige Gewebe ist todt.	

4. Versuche mit Leuchtgas.

Versuchsanordnung: Die Pflanzen wurden in Glascylinder gegeben, welche durch eingeriebene Glasstöpsel gut verschließbar sind. Nachdem dieselben in der pneumatischen Wanne mit Leuchtgas gefüllt waren, wurden sie unter Wasser mit dem mit Vaselin eingeriebenen Glasstöpsel geschlossen und mit ihrer Mündung unter Wasser oder Quecksilber gebracht.

Verwendet wurde concentriertes Leuchtgas und ein Gemisch von Leuchtgas und Luft im Verhältnisse 1 : 1. Bei den Versuchen mit concentriertem Leuchtgas kommen zwei schädliche Einflüsse auf die Pflanze in Betracht, nämlich Ausschluss der normalen Athmung und das Leuchtgas als Gift.

Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung	Anmerkung
A. **Reines Leuchtgas.**			
Tradescantia zebrina Hort.	24 Stunden.	Blätter vollkommen schlaff. Ein kleiner Theil der Schließzellen lebt. Alles übrige todt.	Bei diesen Versuchen ist zu bemerken, dass die Blätter sofort, nachdem sie aus dem Gas genommen wurden, untersucht werden müssen, weil es sonst sehr leicht geschehen kann, dass auch die Schließzellen absterben.
Tulipa sp.	24 Stunden.	Blätter verfärbt und schlaff. Schließzellen zum Theil lebend. Das übrige Gewebe ist todt.	
B. **Gemisch von Luft und Leuchtgas (Verhältnis 1 : 1).**			
Tradescantia viridis. Hort.	5 Tage.	Blätter verfärbt. Schließzellen nahezu alle lebend. Alles übrige todt.	Für diese Versuche gilt bezüglich der weiteren Beobachtung dasselbe wie bei den vorhergehenden.
Tradescantia discolor L'Herit.	8 Tage.	Blätter gelb. Schließzellen mit wenigen Ausnahmen lebend. Das übrige Gewebe todt.	
Taraxacum officinale Web.	48 Stunden.	Blätter schlaff und missfarbig. Ungefähr die Hälfte der Schließzellen lebt, sonst alles todt.	

5. Über die Widerstandsfähigkeit der Schließzellen gegen Austrocknung.

Auch in dieser Hinsicht erwiesen sich die Schließzellen widerstandskräftiger als die anderen Zellen, wie aus folgenden Untersuchungen hervorgeht.

An einem Exemplare von *Tradescantia zebrina*, welches im Glashause gezogen wurde, waren einige Blätter vertrocknet und zwar so, dass nur noch am Grunde eine kleine Stelle frisch war. Ich untersuchte die Blätter und fand, dass ein großer Theil der Schließzellen noch lebte, während alles übrige bereits todt war. Ich machte nun einige diesbezügliche Experimente, welche das gleiche Resultat ergaben.

Die Blätter der verschiedenen Pflanzen blieben in einer Glasschale bei gewöhnlicher Zimmertemperatur am Tische stehen, bis sie beinahe ganz trocken waren. Die weitere Untersuchung geschah dann so, wie bei den übrigen Experimenten und wie ich sie eingangs beschrieben habe. Die Resultate möge folgende Tabelle veranschaulichen.

Pflanze	Dauer des Versuches	Resultat der Untersuchung
Tradescantia zebrina Hort.	10 Tage.	Blätter vollkommen dürr, anscheinend ganz todt. Vereinzelte Schließzellen leben noch.
Tradescantia discolor L'Herit.	3 Tage.	Blätter lederig. Schließzellen beinahe alle lebend, die übrigen Zellen bereits todt.
Tulipa sp.	24 Stunden.	Blätter schlaff und lederig. Schließzellen zum größten Theil lebend, alles übrige todt. Vereinzelte Epidermiszellen und Mesophyllzellen zeigen auch noch Leben.
Mesembryanthemum acutangulum Haw.	6 Tage.	Blätter ganz schlaff und missfarbig. Schließzellen zum größten Theile lebend. Alles übrige todt.

6. Versuche über die Widerstandskraft der Schließzellen bei Sauerstoffentzug.

Versuchsanordnung: Die Blätter der verschiedenen Pflanzen kamen in Glascylinder, welche in der pneumatischen Wanne

mit Wasserstoff, als indifferentem Gas, gefüllt und deren Öffnung hierauf unter Quecksilber abgeschlossen wurde, so dass also bloß intramoleculare Athmung möglich war. Nach Ablauf von 24 Stunden wurden die Blätter wieder an die Luft gebracht und nach der eingangs angegebenen Weise untersucht. Verwendet wurden dabei Blätter von *Tradescantia zebrina* Hort., *Mesembryanthemum acutangulum* Haw., *Pelargonium peltatum*, Hort. *Agapanthus umbellatus* L'Herit., *Tulipa* sp. und *Taraxacum officinale* Web.

Unter den etwa 30 mit diesen Pflanzen ausgeführten Versuchen war das Resultat in den meisten Fällen ein derartiges, dass die Blätter nach Ablauf von 24 Stunden theilweise verfärbt waren.[1] Soweit das Blatt missfarbig war, war alles todt, auch die Schließzellen, im nicht verfärbten Theile dagegen lebte noch alles. Nur bei zwei Pflanzen konnte ich einen einigermaßen deutlichen Unterschied im Verhalten der Schließzellen den anderen Zellen gegenüber beobachten.

Ein Zweig von *Tradescantia zebrina* Hort. war durch 24 Stunden im Wasserstoff. Nach dieser Zeit ergab sich, dass noch ein großer Theil der Schließzellen lebt, während die übrigen Zellen bereits todt sind. Der Versuch wurde mehrmals wiederholt, immer mit dem gleichen Resultate.

Ebenso konnte ich bei einem Zweige von *Mesembryanthemum*, der durch 24 Stunden im Wasserstoff war, constatieren, dass noch ein großer Theil der Schließzellen lebt, während alles andere bereits todt ist.

Man kann daher aus diesen Versuchen folgern, dass die Schließzellen bei Ausschluss der Athmung wohl eine größere Widerstandskraft zeigen als die anderen Zellen, doch scheint ihre Fähigkeit, sich durch intramoleculare Athmung am Leben

[1] Dies steht im vollständigen Einklange mit den Angaben von Molisch, welcher schon früher betont hat, dass die Zeit, innerhalb welcher die Organe höherer Pflanzen durch intramoleculare Athmung ihr Leben erhalten können, abgesehen von gewissen Früchten, zumeist bedeutend überschätzt wird und dass auch Keimlinge verschiedener Art bei günstiger Temperatur innerhalb ein bis zwei Tagen bei Ausschluss von freiem Sauerstoff absterben.

Vergl. Molisch, Über ein neues, einen carminrothen Farbstoff erzeugendes Chromogen bei *Schenckia blumenaviana* K. Sch., Berichte der deutschen bot. Gesellschaft, Jahrg. 1901, Bd. XIX, S. 149.

zu erhalten, nur wenig größer zu sein als die der anderen Zellen, so dass sie in sehr vielen Fällen nur zweifelhaft oder auch gar nicht zu constatieren ist.

III. Schlussbemerkungen.

Man kann aus allen diesen Versuchen ersehen, dass die Schließzellen gegen schädliche äußere Einflüsse resistenter sind als die übrigen Blattzellen. Diese Widerstandskraft ist eine ziemlich bedeutende. Ich konnte oft beobachten, dass die Schließzellen mehrere Tage dem schädigenden Einflusse trotzten, während das übrige Gewebe bereits todt war.

Zur Erklärung dieser Thatsache kann man zwei Annahmen machen. Entweder liegt die Ursache der größeren Widerstandskraft der Schließzellen in der Membran oder es ist die Beschaffenheit des Plasmas eine andere als bei den übrigen Zellen.

Gegen die erste Ansicht, dass die Ursache in der Beschaffenheit der Membran liegt, sprechen mehrere Thatsachen. Wohl ist die Membran der Schließzellen bei den meisten Pflanzen dicker als die der anderen Zellen, doch ist die Verdickung nur auf die freien Außenwände beschränkt. Eine Eigenthümlichkeit für den Bau der Spaltöffnungen liegt, wie Schwendener[1] gezeigt hat, darin, dass der diosmotische Verkehr zwischen Schließzellen und benachbarten Epidermiszellen durch die Zartheit der trennenden Wand oder doch eines Theiles derselben erleichtert wird. Bei zahlreichen Pflanzen weist auch die chemische Beschaffenheit der Wand an dieser Stelle auf die Bedeutung für den Säfteverkehr hin. Sie besteht nämlich an dieser Stelle aus reiner Cellulose, während die übrigen Theile cuticularisiert sind. Wir müssen also annehmen, dass die Schließzellen das Wasser und die in ihm enthaltenen Stoffe ebenso rasch aufnehmen können, wie die Epidermiszellen, die nach außen auch von der *Cuticula* bedeckt sind und ebenso rasch wie die Mesophyllzellen, welche vielfach nur auf osmotischem Wege die

[1] Schwendener: Über Bau und Mechanik der Spaltöffnungen. Monatsberichte der kgl. preuß. Akad. der Wissenschaften zu Berlin, 1882.

Substanzen aufnehmen können. Überdies hat H. v. Mohl[1] beobachtet, dass die Schließzellen das Wasser vielfach rascher aufnehmen als die Epidermiszellen.

Es scheint also die Ansicht mehr für sich zu haben, dass die Ursache der größeren Widerstandskraft der Schließzellen nicht in der Natur der Membran liegt, sondern vielmehr ihren Grund in der eigenthümlichen Beschaffenheit des ganzen Plasmas hat. Dafür sprechen auch die Versuche von Molisch[2] und Leitgeb.[3] Wenn die ganze Pflanze einer bestimmten Temperatur ausgesetzt ist, so kann man wohl nicht gut annehmen, dass in der Schließzelle eine andere Temperatur herrscht als in der angrenzenden Epidermiszelle oder Mesophyllzelle, sondern es ist viel wahrscheinlicher, dass die Beschaffenheit des Plasmas in der Schließzelle eben eine derartige ist, dass es solche Temperaturen noch erträgt, welche in anderen Zellen bereits den Tod herbeiführen. Auch die Versuche bei Ausschluss der Athmung sprechen dafür, dass die Ursache der größeren Widerstandskraft der Schließzellen in der specifischen Constitution des Protoplasmas gelegen ist; denn bei der intramolecularen Athmung kann die mehr minder dicke Membram keinen Einfluss haben.

Es scheint begreiflich, dass die Schließzellen möglichst widerstandskräftig ausgebildet sein müssen; denn wir wissen, dass ihre Function eine sehr wichtige ist und dass, wenn sie dem Gasaustausch nicht dienen können, damit eben eine Schädigung der anderen Zellen verbunden ist.

IV. Zusammenfassung.

1. Die Experimente haben übereinstimmend ergeben, dass die Schließzellen zumeist in hohem Grade gegen verschiedene schädliche Einfiüsse widerstandskräftiger sind als die übrigen Blattzellen. Vielfach zeigen auch die Nebenzellen der Spaltöffnungsapparate eine größere Widerstandskraft.

---

[1] H. v. Mohl, Welche Ursachen bewirken die Erweiterung und Verengung der Spaltöffnungen? Botanische Zeitung, 1856, S. 715.

[2] H. Molisch, Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Jena, 1897, S. 30.

[3] H. Leitgeb, l. c.

2. Analog wie bei den Versuchen von Leitgeb und Molisch gegenüber hohen und niederen Temperaturen erwiesen sich die Schließzellen auch resistenter gegen Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure, Essigsäure, Oxalsäure, Ammoniak, Alkoholdampf, Chloroform, Äther und Leuchtgas, sowie auch gegen Austrocknung.

3. Die Fähigkeit der Schließzellen, sich bei Ausschluss der normalen Athmung durch intramoleculare Athmung einige Zeit am Leben zu erhalten, ist nur wenig von der der übrigen Blattzellen verschieden.

4. Die Ursache der größeren Widerstandskraft der Schließzellen — untersucht wurden zahlreiche Vertreter der Farne, Monocotylen und Dicotylen — scheint in der Constitution des Plasmas zu liegen, wofür besonders die Untersuchungen über die Widerstandskraft gegenüber extremen Temperaturen und Sauerstoffabschluss sprechen.

Am Schlusse meiner Arbeit kann ich nicht umhin, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. Molisch, meinen Dank auszusprechen für die Bemühung, mir mit Rath und That beizustehen.
